

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-173229

(43)Date of publication of application : 26.06.1998

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 08-346596

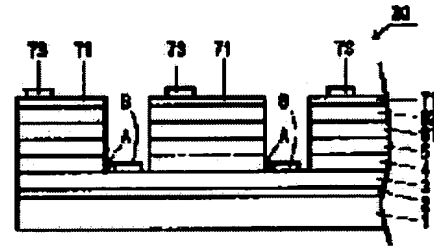
(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD

(22)Date of filing : 09.12.1996

(72)Inventor : OGUCHI SHINJI  
KOTAKI MASAHIRO**(54) MANUFACTURE OF GROUP III NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for manufacturing increasing the light-emitting area of a group III nitride semiconductor light-emitting element.

**SOLUTION:** This manufacturing method is a method wherein an N<sup>+</sup> layer 3, an N-type clad layer 4, a luminous layer 5, a P-type clad layer 61 and a P-type contact layer 62, which consist of a group III nitride semiconductor layer, are formed on a substrate 1 by an epitaxial growth and thereafter, a light-transmitting electrode 71 is formed on the upper surface of the layer 62, then, parts of the electrode 71 and the layers 62, 62, 5 and 4 are etched for making the layer 3's parts, which are formed as N-type electrode formation regions A, expose. Thereby, the electrode 71 can be formed on the whole upper surface of the layer 62 and the light-emitting area of a group III nitride semiconductor light-emitting element can be increased.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-173229

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I  
H 0 1 L 33/00

C  
E

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-346596

(22) 出願日 平成8年(1996)12月9日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地

(72) 発明者 大口 慎治

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 小滝 正宏

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内

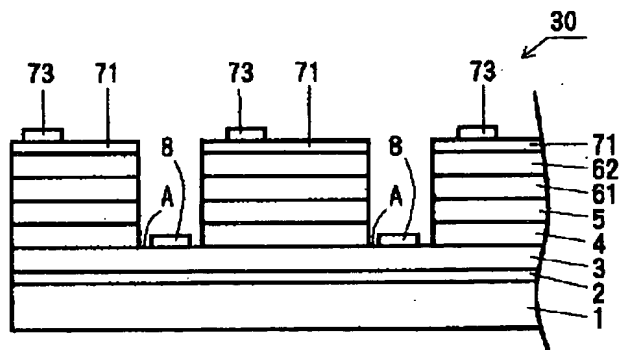
(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

(54) 【発明の名称】 3族窒化物半導体発光素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 3族窒化物半導体発光素子の発光面積を大きくする製造方法を提供すること。

【解決手段】 基板1の上に3族窒化物半導体から成るn<sup>+</sup>層3、n型クラッド層4、発光層5、p型クラッド層61、p型コンタクト層62をエピタキシャル成長により形成した後、p型コンタクト層62の上面に透光性電極71を形成し、次にn電極形成領域Aとなるn<sup>+</sup>層3の一部を露出させるために透光性電極71、p型コンタクト層62、p型クラッド層61、発光層5、n型クラッド層4の一部をエッチングする3族窒化物半導体発光素子の製造方法を発明した。この結果、p型層上面全体に透光性電極を形成することができ、発光面積を大きくすることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に3族窒化物半導体から成るn型層、発光層、p型層を形成した3族窒化物半導体発光素子の製造方法において、  
基板上に3族窒化物半導体から成るn型層、発光層、p型層を形成し、  
p型層上面に透光性電極を形成した後、  
n電極形成領域となる前記n型層の一部が露出するように、その形成領域の前記透光性電極、前記p型層、前記発光層をエッチングして除去することを特徴とする3族窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項2】前記透光性電極はp型層上面全体に形成することを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項3】前記エッチングにより露出される前記n型層の一部は、n電極形成領域のみであることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項4】前記エッチングにより露出される前記n型層の一部は、n電極形成領域と基板分離時のダイシング幅よりも狭い素子周囲領域であることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体発光素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、3族窒化物半導体発光素子の製造方法、特に電極の形成方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の3族窒化物半導体発光素子においては、p型層は電子線照射等の低抵抗化処理を行ってもn型層より抵抗率が高いためにp型層内での横方向への電流の広がりが出ないため、電極直下で発光するだけであるのでp型層の上面の広範囲に電極層を形成する必要がある。また、基板としてサファイア等の絶縁物を用いていることから、下層のn型層に対する電極を素子上面に形成する必要がある。このため電極を形成するには、まずn電極形成領域となるn型層の一部を露出させるために、そのn型層の上方に存在するp型層や発光層等をエッチングにより除去し、その露出したn型層の上面に電極を形成し、次にp型層上面に透光性電極を形成する必要があった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記の方法にてp型層上面に透光性電極を形成する場合、エッチング法やリフトオフ法等を用いてパターン形成を行う必要があり、このときにp型層上面の透光性電極のn型層露出部へのはみ出しによる短絡を防止するために、エッチング端部と透光性電極の間に数 $\mu\text{m}$ から数十 $\mu\text{m}$ 程度のクリアランスを設ける必要があった。このため、透光性電極の面積は素子の発光可能な面積、即ち、p型層の面積よりも狭くなり素子としての発光能力の全てを利用する

ことができなかった。

【0004】このように、3族窒化物半導体発光素子は電極直下で発光するだけであるので、透光性電極面積を大きくすることが有効発光面積を拡大することになり、発光効率、発光強度の増大につながる。そこで、本発明の目的は素子の大きさに対する透光性電極の大きさの割合を大きくする3族窒化物半導体発光素子の製造方法を提供することであり、これにより有効発光面積を拡大して同一電流密度における発光効率を向上させ、発光強度を増大させることである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために請求項1に記載の3族窒化物半導体発光素子の製造方法は、基板上に3族窒化物半導体から成るn型層、発光層、p型層を成長させた後、先ずp型層上面に透光性電極を形成し、次に、エッチングによりn電極形成領域となるn型層を露出させることを特徴とする。

【0006】請求項2の発明は、請求項1の3族窒化物半導体発光素子の製造方法において、透光性電極をp型層上面全体に形成することを特徴とする。また、請求項3の発明は、請求項1の3族窒化物半導体発光素子の製造方法において、エッチングによって露出するn型層はn電極形成領域のみとすることであり、請求項4の発明はエッチングによって露出するn型層はn電極形成領域と基板分離時のダイシング幅より狭い素子周囲領域であることを特徴とする。

## 【0007】

【作用及び発明の効果】請求項1に示すようにn電極形成領域をエッチングする前にp型層上面に透光性電極を形成することにより、その透光性電極を含む層をn電極形成領域のp型層及び発光層をエッチングする際のエッチングマスクとして使用することができ、従来のようにn電極形成領域をエッチングしてからp型層上面に透光性電極を形成する際に必要としていた透光性電極とエッチング端部の間のクリアランスが不要となる。また、n電極形成のためのマスクと透光性電極を形成するためのマスクのパターニングが共通となる。即ち、n電極形成のためのマスクは透光性電極を形成するマスク及びエッチングにより形成された透光性電極をマスクとして利用

【0008】また請求項3に示すように、エッチングにより露出させるn型層をn電極形成領域のみとすると、それ以外の領域は全て透光性電極を形成することができ

るので素子の大きさに対する発光面積の大きさの割合を大きくすることができ、素子本来の発光能力の全てを利用することができる。さらに請求項4に示すように、エッチングにより露出させるn型層をn電極形成領域と基板を切り離すためのダイシング幅より狭い素子の周囲領域としたことにより、素子周囲領域の凹部がダイシング時の位置合わせ又は案内となることにより素子の分離を容易に行うことができる。また、素子の分離の際に必要な領域とn電極形成領域以外はすべて透光性電極とすることができるので、素子の大きさに対する発光面積の割合を大きくすることができ有効発光面積を拡大して同一の電流密度における発光効率を向上させ、発光強度を増大させることができる。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図5において、発光ダイオード10はサファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上に50nmのAlNのパッファ層2が形成されている。そのパッファ層2の上には、膜厚約2.2 $\mu$ m、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドーパントGa<sub>0.15</sub>Nから成るn型層であるn<sup>+</sup>層3が形成されている。

【0010】そして、n<sup>+</sup>層3の上には、膜厚約0.5 $\mu$ m、電子濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドーパントAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nから成るn型層であるn型クラッド層4、膜厚300nm、亜鉛(Zn)及びシリコン(Si)ドーパントIn<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nから成る発光層5、膜厚約1.0 $\mu$ m、ホール濃度 $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、マグネシウム(Mg)濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のマグネシウム(Mg)ドーパントAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nから成るp型層であるp型クラッド層61、膜厚約200nm、ホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、マグネシウム(Mg)濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のマグネシウム(Mg)ドーパントGa<sub>0.15</sub>Nから成るp型層であるp型コンタクト層62が形成されている。

【0011】そして、p型コンタクト層62の上面全体にはニッケル(Ni)及び金(Au)から成る厚さ10nmの透光性電極71が形成されており、その透光性電極71の上面の一部には金(Au)から成る厚さ1.5 $\mu$ mのワイヤボンディングのための電極パッド73が形成されている。また、n電極8はn<sup>+</sup>層3に接合する厚さ1.5 $\mu$ mのアルミニウム(Al)から成る層で構成されている。

【0012】次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。上記の発光ダイオード10は、有機金属気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。用いられたガスはNH<sub>3</sub>とキャリアガス(H<sub>2</sub>又はN<sub>2</sub>)とトリメチルガリウム(Ga(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)(以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム(Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)(以下「TMA」と記す)とトリメチルインジウム(In(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)(以下「TMI」と記す)とジエチル亜鉛(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>Zn(以下「DEZ」と記す)とシラン(SiH<sub>4</sub>)とシクロペンタジエニルマグネシウム(Mg(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>)(以

下「CP2Mg」と記す)である。

【0013】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH<sub>2</sub>を流速2liter/分で反応室に流しながら温度1100℃でサファイア基板1を気相エッチングした。

【0014】次に、温度を400℃まで低下させて、H<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMAを $1.8 \times 10^{-5}$ モル/分供給して、AlNのパッファ層2を約50nm形成した。次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、H<sub>2</sub>ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを $1.0 \times 10^{-8}$ モル/分供給して、膜厚約2.2 $\mu$ m、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドーパントのn型Ga<sub>0.15</sub>Nから成るn<sup>+</sup>層3を形成した。

【0015】上記のn<sup>+</sup>層3を形成した後、続いて、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を10liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $4.7 \times 10^{-5}$ モル/分、H<sub>2</sub>ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを $1.0 \times 10^{-8}$ モル/分供給し、膜厚約0.5 $\mu$ m、電子濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドーパントのAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nから成るn型クラッド層4を形成した。

【0016】続いて、温度を850℃に低下し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.53 \times 10^{-4}$ モル/分、DEZを $2.0 \times 10^{-4}$ モル/分、H<sub>2</sub>ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを $1.0 \times 10^{-8}$ モル/分供給し、膜厚0.3 $\mu$ mの亜鉛(Zn)とシリコン(Si)がドーパされたIn<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nから成る発光層5を形成した。この発光層5における亜鉛(Zn)とシリコン(Si)の濃度は共に $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ である。

【0017】続いて、温度を1100℃に保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $4.7 \times 10^{-5}$ モル/分、CP2Mgを $2.0 \times 10^{-4}$ モル/分供給し、膜厚約1.0 $\mu$ mのマグネシウム(Mg)ドーパントのAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nから成るp型クラッド層61を形成した。このp型クラッド層61のマグネシウム(Mg)濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ である。この状態ではp型クラッド層61は、まだ高抵抗である。

【0018】次に、温度を1100℃に保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、CP2Mgを $2.0 \times 10^{-4}$ モル/分供給し、膜厚0.2 $\mu$ mのマグネシウム(Mg)ドーパントのGa<sub>0.15</sub>Nから成るp型コンタクト層62を形成した。p型コンタクト層62のマグネシウム(Mg)濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ である。この状態ではp型コンタクト層62はまだ高抵抗である。

10

20

30

40

50

【0019】次に、電子線照射等の熱処理することにより、p型コンタクト層62、p型クラッド層61は、それぞれ、ホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、 $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、抵抗率 $0.8 \Omega \text{cm}$ 、 $2 \Omega \text{cm}$ の低抵抗p型半導体となった。このようにして多層構造のウエハが得られた。

【0020】次に、蒸着装置を用いて $10^{-6} \text{Torr}$ のオーダー以下の高真空中にて、p型コンタクト層62の上面に様に $10 \text{nm}$ の厚さにニッケル(Ni)及び金(Au)を蒸着した。そして、試料を蒸着装置から取り出して、 $500^\circ\text{C}$ で3分間加熱させて合金化した。この結果、図2に示すようにp型コンタクト層62の上面全体に透光性電極71を形成することができた。

【0021】次に、フォトリソグرافにより、透光性電極71の上面に様に $\text{SiO}_2$ 層11を $300 \text{nm}$ 厚さに形成した。次に、その $\text{SiO}_2$ 層11の上にフォトレジスト12を塗布した。そして、フォトリソグرافにより、n電極形成領域Aとなる部分のフォトレジスト12を除去した。次に、フォトレジスト12によって覆われていない $\text{SiO}_2$ 層11をフッ化水素酸系エッチング液により除去した。この結果、図3に示すように、この後n電極形成領域Aとなる部分の透光性電極71だけが露出している。

【0022】次に、フォトレジスト12及び $\text{SiO}_2$ 層11によって覆われていない部分、即ち、n電極形成領域Aとなる部分の透光性電極71、p型コンタクト層62、p型クラッド層61、発光層5及びn型クラッド層4を真空度 $0.04 \text{Torr}$ 、高周波電力 $0.44 \text{W}/\text{cm}^2$ 、 $\text{BCl}_3$ ガスを $10 \text{ml}/\text{分}$ の割合で供給してドライエッチングをした。その後さらにArでドライエッチングした。この工程により図4に示すように周囲をp型コンタクト層62、p型クラッド層61、発光層5及びn型クラッド層4により形成される側壁81に囲まれた $n^+$ 層3上のn電極形成領域Aが形成された。

【0023】次に、ウエハ表面上にフォトレジスト13を様に塗布して、フォトリソグラフィによりn電極形成領域Aのn電極形成部分のフォトレジスト13を除去して図13に示すように窓8Aを形成した。そして、蒸着装置にて $n^+$ 層3上のn電極形成領域Aに $10^{-6} \text{Torr}$ の高真空中にてアルミニウム(Al)を $1.5 \mu\text{m}$ 成膜させて図13に示すようにn電極8を形成した。そして、リフトオフ法によりフォトレジスト13上に蒸着により堆積したアルミニウム(Al)を除去してn電極8を形成した。

【0024】次に、透明電極71の上面に残っている $\text{SiO}_2$ 層11をフッ化水素酸で除去した。そして、ウエハの上面にフォトレジスト14を様に塗布して、フォトリソグラフィにより電極パッド形成部分のフォトレジスト14を除去して図14に示すように窓73Aを形成した。そして、ウエハを蒸着装置に入れて金(Au)を $1.5 \mu\text{m}$ 成膜させて、図14に示すように電極パッド73を

形成した。次に、リフトオフ法によりフォトレジスト14上に蒸着により堆積した金(Au)を除去して電極パッド73を形成した。その後温度 $550^\circ\text{C}$ にて1分間熱処理することにより電極パッド73及びn電極8を合金化して図1に示すような発光ダイオードのウエハ30を形成した。

【0025】次に、図1の発光ダイオードのウエハ30を素子毎に分離する。図8にウエハの平面図を示す。図1は図8のa1方向からの断面図である。このウエハは、エッチングをおこなったn電極形成領域A以外は全て透光性電極71となっている。図6に示すようにブレード40を用いて、図8のダイシングライン20に沿ってサファイア基板1の表面から $15 \mu\text{m}$ の深さまでダイシングすることにより図7に示すように分離溝16を形成した。

【0026】次に、図7に示すようにサファイア基板1の裏面1bにおいて、分離溝16に対面する位置にスクライプライン15を形成し、ウエハ30にローラによる荷重をかけて各素子毎に分離して、図5に示す発光ダイオードを得ることが出来た。

【0027】上記実施例において、エッチングにより露出されるn型層である $n^+$ 層3はn電極形成領域Aのみとしたが、図9の断面図及び図12の平面図に示すようにn電極形成領域Aと素子分離時のダイシング幅Wよりも狭い素子周囲領域Bとしてもよい。このように素子周囲領域Bもエッチングにより露出させると、ダイシングの際に凹部である素子周囲領域Bがダイシングの位置決め及び案内となるので容易にウエハから素子を分離することができる。図9に示すウエハの素子分離工程を図10、図11に示す。この工程は上述した図6、図7に示す工程と同一である。

【0028】また、上記実施例において、ドライエッチングに用いるガスは $\text{BCl}_3$ としたが、他の塩素を含むガスあるいは $\text{CF}_4$ 等のフッ素を含むガス等としてもよい。また、上記実施例において、n電極形成領域を得るためにドライエッチングの際、透光性電極を残したままドライエッチングを行ったが、あらかじめ塩酸、硝酸等を用いてn電極形成領域の透光性電極を除去した後にドライエッチングしてもよい。また、透光性電極はニッケル(Ni)及び金(Au)にて形成しているが、コバルト(Co)、パラジウム(Pd)等、又はそれらの積層、又はそれらの合金を用いてもよい。さらに、n電極はアルミニウム(Al)形成されているが、チタン(Ti)等を用いてもよい。

【0029】また、合金化処理は上記実施例においては、透光性電極71を先に合金化してn電極8と電極パッド73は後から合金化しているが、全ての電極形成後に透光性電極71、n電極8、電極パッド73の合金化を一度に実施してもよい。また、マスク材料として $\text{SiO}_2$ を用いているが、積層時及びマスク材料を剥離する際に透光性電極71を侵さない材料ならば何でも良い。さら

に、電極形成後にボンディング部分を除く他の部分をSiO<sub>2</sub>等の保護膜で覆ってもよい。

【0030】また、上記実施例において発光層5はバルク構造であるが、多重量子井戸構造(MQW)あるいは単一量子井戸構造(SQW)としても良い。さらに、発光層5には不純物として、亜鉛(Zn)とシリコン(Si)がドーピングされているが、不純物がドーピングされていなくても良い。例えば、多重量子井戸構造(MQW)の発光層としては不純物がドーピングされていない一般式  $(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y} N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) 10 にて井戸層及びバリア層を形成することができる。そしてその一例として、井戸層をIn<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>N、バリア層をGa<sub>0.80</sub>Nで発光層を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】電極形成時の発光ダイオードのウエハの断面図

【図2】透光性電極形成時の発光ダイオードのウエハの断面図

【図3】n電極形成領域となる部分のフォトレジストとSiO<sub>2</sub>層を除去した時点での発光ダイオードのウエハの断面図

【図4】n電極形成領域を露出させた時点での発光ダイオードのウエハの断面図

【図5】基板上に形成された発光ダイオードの構成を示した断面図

【図6】基板分離方法の工程を示すためのウエハの断面図

【図7】基板分離方法の工程を示すためのウエハの断面図

【図8】基板分離方法の工程を示すためのウエハの平面断面図

【図9】他の実施例における電極形成時の発光ダイオードのウエハの断面図

【図10】他の実施例における基板分離方法の工程を示すためのウエハの断面図

【図11】他の実施例における基板分離方法の工程を示すためのウエハの断面図

【図12】他の実施例における基板分離方法の工程を示すためのウエハの平面断面図

【図13】n電極を形成する工程を示すためのウエハの断面図

【図14】電極パッドを形成する工程を示すためのウエハの断面図

【符号の説明】

A…n電極形成領域

B…素子周囲領域

W…ダイシング幅

10…発光ダイオード

1…基板

2…バッファ層

3…n<sup>+</sup>層(n型層)

4…n型クラッド層(n型層)

5…発光層

8…n電極

20 8A…窓

11…SiO<sub>2</sub>層

12、13、14…フォトレジスト

15…スクライプライン

16…分離溝

20…ダイシングライン

30…ウエハ

40…ブレード

61…p型クラッド層(p型層)

62…p型コンタクト層(p型層)

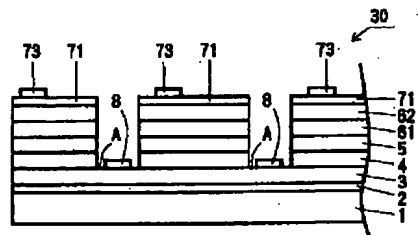
30 71…透光性電極

73…電極パッド

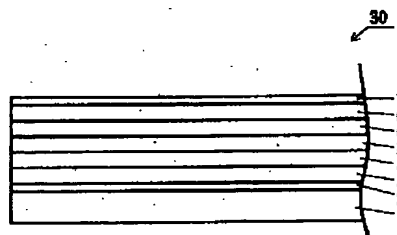
73A…窓

81…側壁

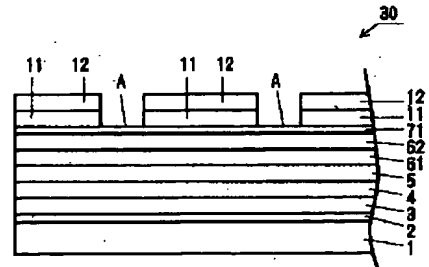
【図1】



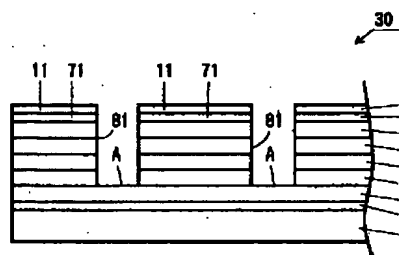
【図2】



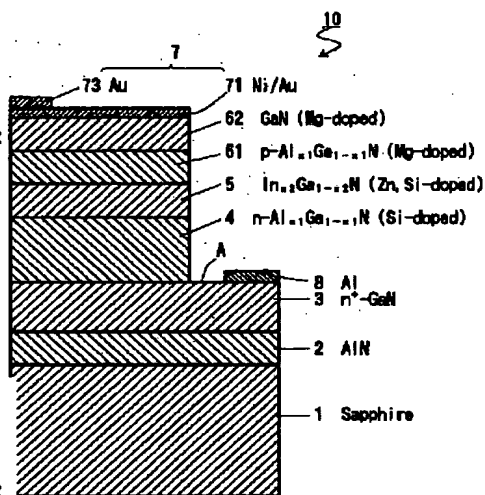
【図3】



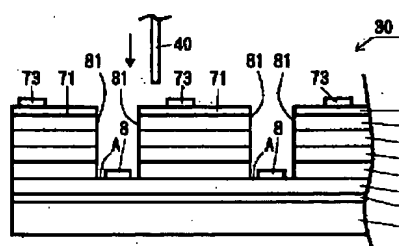
【図4】



【図5】

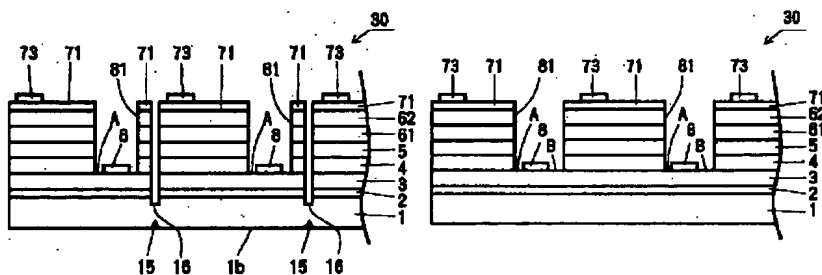


【図6】



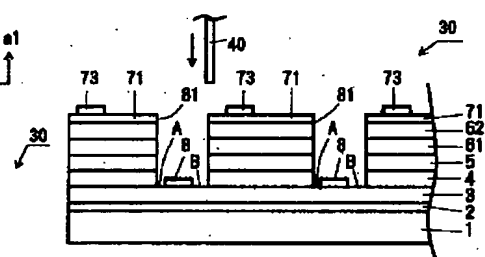
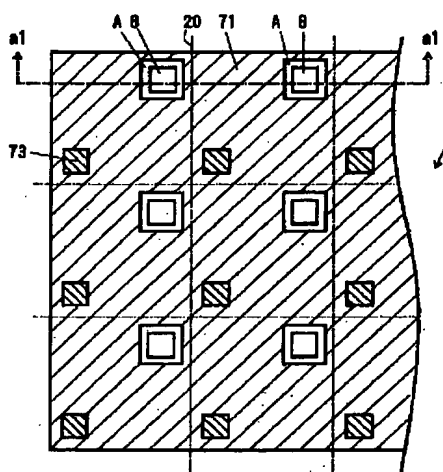
【図7】

【図9】

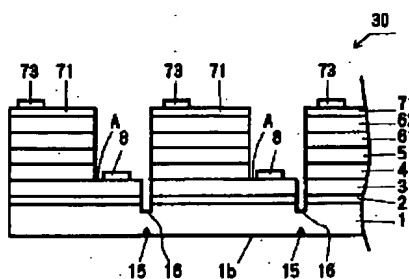


【図8】

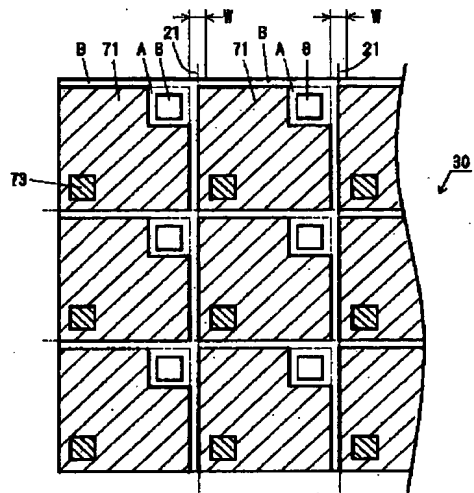
【図10】



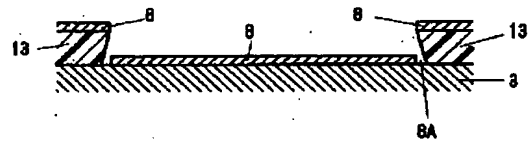
【図11】



【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

